



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL  
CURSO DE AGRONOMIA

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIO FARINHAS-PB ATRAVÉS DE DADOS SRTM**

FERNANDO ANTONIO LIMA GOMES

**AREIA - PB**

**2016**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
FARINHAS-PB ATRAVÉS DE DADOS SRTM**

FERNANDO ANTONIO LIMA GOMES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
FARINHAS-PB ATRAVÉS DE DADOS SRTM**

Trabalho de graduação apresentado ao curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino

**AREIA – PB**

**2016**

FERNANDO ANTONIO DE LIMA GOMES

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
FARINHAS-PB ATRAVÉS DE DADOS SRTM**

MONOGRAFIA APROVADA EM: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino - Orientador  
UFPB/CCA

---

Dr. Fabrício Lopes de Macedo - Examinador  
PNPD/PPGCS/CCA/UFPB

---

Msc. Maria Cristina Santos Pereira de Araújo - Examinadora  
Doutoranda PPGCS/CCA/UFPB

**AREIA – PB**

**2016**

## DEDICATÓRIA

A JESUS e a NOSSA SENHORA por serem base de minha vida e de meus conhecimentos por sempre estarem derramando graças e bençãos em minha vida.

Aos meus pais JOÃO OLIVEIRA GOMES e ZELIA BATISTA DE LIMA, por terem me concedido todo o amor, dedicação e apoio incondicional para que eu pudesse realizar meus sonhos.

Ao meu irmão YURI BATISTA OLIVEIRA GOMES, por estar sempre ajudando e me apoiando em todos os momentos.

A minha namorada JULYELEN LORENNA a qual tenho um enorme amor, admiração e carinho e por muitas vezes aguentar meus stress.

A minha TIA MARIA OLIVEIRA (*in memoriam*) Aos meus avós paternos URIEL OLIVEIRA e AMARILES OLIVEIRA (VO TIQUINHA) ausentes (*in memoriam*), e meus avós maternos JANUNCIO BATISTA (*in memoriam*) e BENEDITA DO CARMO (VÓ CARMINHA).

## AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente por me acompanhar me dar forças e guiar-me sobre esse caminho tão longo mais tão prazeroso.

A minha mãe e ao meu pai, por terem paciência e me ensinado a ser tudo que sou hoje, a meu irmão pelo belo apoio moral.

A meus familiares, por estarem sempre por perto nos momentos de alegria e mesmo de tristeza, me apoiando, e me incentivando a nunca desistir.

Aos meus primos (as), tios (as), em especial a Maria De Fatima Lima (Tia Fatima) Minha prima Tatiana Campos e seu esposo Rafael Campos, que tanto me ajudaram e acreditaram na minha vitória, sempre me dando forças e coragem para seguir em frente e a todos familiares que contribuíram de forma direta e indireta para a realização desse sonho.

A meu orientador o professor Guttemberg da Silva Silvino pela paciência e ajuda na construção desse trabalho.

Ao professor José Alves Barbosa por ter me encaminhado a linha da pesquisa acadêmica.

A dona Fatima Borges e Julyane Borges por esta sempre me apoiando, sempre torcendo por mim.

Aos meus amigos de infância: Samuel Eleutério, Salatiel Eleutério, Anderson Carvalho, Jefferson Alves e Irenildo Firme.

A instituição UFPB pela bagagem de conhecimento que levarei por toda minha vida, aos docentes que fizeram seu papel como educador, aos funcionários do RU, a qual sou grato eternamente pelas refeições durante esses cinco anos de convívio, ao meu amigo Matheus Casimiro de Oliveira um agradecimento pela amizade e companheirismo durante toda a graduação, aos ilustres amigos de quarto; Victor Jeronimo (vitão) (*In memoriam*), Raniery Paulino, Matheus Ayres, Flaviano Fernandes e Isaias Soares, aos amigos de alojamento: Otávio Júnior, Carlos Rodrigues, Vinicius Tomé, Antonio Honório, Thalles Santos, Daniel Junior(Galetão), Diogo Danilo, Aldeir Ronaldo e David(Chiquinho).

Ao professor Francisco das Chargas (Charguinha) e a radio cidade Paraíba.

Aos meus eternos amigos da turma Agronomia 2011.1 Ernandes Fernandes, Mateus Guimaraes, Alex Sandro (Tí fica), Fabio Araújo, Giselda Alves, Thiane Rodrigues, José Gomes, José Ronaldo, Josevaldo Ribeiro, Wagner Miranda, Marcos Pimentel e Denizard Oresca.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	
13	
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Bacias Hidrográficas.....	14
3.2 Geotecnologias.....	15
3.2.1 Sistema de Informação Geográficas (SIG).....	16
3.2.1.1 Componentes de um GIS.....	17
3.2.1.2 Funcionamento de um GIS.....	18
3.2.2 Sensoriamento Remoto.....	18
3.2.3 Imagens SRTM.....	19
3.3 Geoprocessamento e Recursos Hídricos.....	21
3.4 Morfometria.....	23
3.4.1 Características	
Geométrica.....	23
3.4.2 Características da Hidrografia.....	26
3.5 Características do Relevo.....	31
4. MATERIAL	E
MÉTODOS.....	33
4.1 Área	de
Estudo.....	33
4.2 Análise	
Morfométrica.....	34
4.3 Características Geométricas.....	36
4.4 Características da Hidrografia.....	37
4.5 Características	de
Relevo.....	35
4.6 Classe de Solos.....	36
5. RESULTADOS	E
DISCUSSÃO.....	36

5.1	Morfometria a partir de dados SRTM.....	36
5.1.1	Características Geométricas.....	36
5.1.2	Características Hidrográficas.....	37
5.1.3	Características de Relevo.....	39
5.2	Classe de Solos.....	40
5.3	Análise Comparativa Entre os Produtos Gerados e os Dados Oficiais do Estado.....	41
5.4	Comparação dos resultados dos dados SRTM e a Carta do Estado.....	43
6	CONCLUSÕES.....	46
7	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	47



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	1.	Componentes	de	um	
		GIS.....			18
FIGURA	2.	Mapas	formados	por	várias
		camadas.....			18
FIGURA	3.	Configuração das antenas a bordo do Endeavour para a missão SRTM.....			20
FIGURA	4.	Distribuição da Cobertura e número de passagens da SRTM.....			21
FIGURA	5.	Uso do geoprocessamento para análise regional dos recursos hídricos.....			22
FIGURA	6.	Ordenamento dos canais seguindo o modelo de Horton.....			27
FIGURA	7.	Ordem dos canais seguindo o modelo de Strahler.....			28
FIGURA	8.	Ordenamento dos canais seguindo o modelo de Shreve.....			28
FIGURA	9.	Localização da Bacia do Rio Farinhas.....			34
FIGURA	10.	Drenagem da Bacia hidrográfica do Rio Farinhas.....			37
FIGURA	11.	Declividade da bacia hidrográfica do Rio Farinhas.....			40

FIGURA 12. Mapa de solos da bacia hidrográfica do Rio Farinhas.....41

FIGURA 13. Sobreposição da drenagem SRTM e da drenagem oficial do Estado.....42

FIGURA 14. Ocorrência de linhas paralelas na drenagem SRTM na mesma localização da Bacia.....42

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Características geométricas da Bacia .....36

TABELA 2. Características da Hidrografia da Bacia.....38

TABELA 3. Características do relevo da Bacia.....39

TABELA 4. Dados SRTM e Carta do Estado.....43

## LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – Coeficiente de Compacidade (KC).....24

EQUAÇÃO 2 - Fator de Forma (Kf).....24

EQUAÇÃO 3 - Razão de Elongação (Re).....25

EQUAÇÃO	4	-	Índice	de	Circularidade	
(Ic).....						26
EQUAÇÃO	5	-	Índice	entre	o comprimento	e a área da bacia
(ICO).....						26
EQUAÇÃO	6	-	Densidade	de	drenagem	
(Dd).....						29
EQUAÇÃO	7	-	Coefficiente	de	torrencialidade	
(Ct).....						29
EQUAÇÃO	8	-	Sinuosidade	do	curso d' água	
(SIN).....						30
EQUAÇÃO	9	-	Indice	de	Sinuosidade	
(Is).....						30
EQUAÇÃO	10	-	Lado	maior	do retangulo	equivalente
(L).....						32
EQUAÇÃO	11	-	Lado	menor	do retangulo	equivalente
(lr).....						32
EQUAÇÃO	12	-	Coefficiente	de	rugosidade	
(CR).....						32

GOMES, Fernando Antonio Lima. **CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FARINHAS ATRAVÉS DE DADOS SRTM**. Areia – PB, 2016. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

## **RESUMO**

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica dos recursos naturais e das atividades antrópicas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até a segunda metade do século passado, retrar, as técnicas de levantamento de dados eram limitadas e os procedimentos de coleta de informações eram feitos utilizando-se apenas documentos e mapas em papel. Isto dificultava uma análise que combinasse diversas informações sobre a superfície terrestre. A partir do desenvolvimento das tecnologias de informática tornou-se possível armazenar e representar informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aperfeiçoamento do geoprocessamento. Nesse contexto o objetivo desse trabalho realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Farinhas, utilizando imagens SRTM, e a partir dos dados gerados efetuar uma análise de comparação com os dados da carta topográfica do governo do estado da Paraíba. A área obtida da bacia hidrográfica foi 743,76 km<sup>2</sup>, índice de circularidade, declividade média do rio 0,0047%,. Observou-se que as utilizações das ferramentas de Geoprocessamento que permitem gerar resultados que poderão auxiliar a gestão de recursos hídricos da região, bem como mostrou-se uma ferramenta prática e viável na geração dos resultados.

**Palavras-chave:** Recursos Naturais, Sistema de Informação Geográfica, Carta topográfica.

GOMES, Fernando Antonio Lima. **CHARACTERIZATION MORPHOMETRIC BASIN RIVER OF FLOUR THROUGH SRTM DATA**. Areia - PB, 2016. 52 p. Work Completion of course (Graduation in Agronomy) - Federal University of Paraiba.

## **ABSTRACT**

The collection of information on the geographical distribution of natural resources and human activities has always been an important part of the activities of organized societies. Until the second half of the last century, retrar, the data collection techniques were limited and the information collection procedures were made using only documents and paper maps. This made it difficult an analysis that combines a variety of information on the Earth's surface. From the development of computer technologies it has become possible to store and represent information in computer environment, making room for the improvement of geoprocessing. In this context the aim of this study perform the morphometric characterization of the river basin Flours, using SRTM images, and from the data generated make an analysis of comparison with data from the topographic map of the Paraiba state government. The area obtained from the basin was 743.76 km<sup>2</sup>, circularity index, average slope of the river 0.0047% . It was observed that the use of GIS tools that can generate results that will help the management of water resources in the region, and proved a practical and viable tool in generating results.

**Keywords:** Natural Resources, Geographic Information System, Topographical Charter.

## 1. INTRODUÇÃO

Bacia hidrográfica, bacia de drenagem ou de contribuição, são terminologias utilizadas para caracterizar uma área definida topograficamente, que é drenada por um rio principal e seus afluentes, cuja delimitação é feita a partir de um divisor de águas. A drenagem interna é uma bacia é o principal fator a ser considerado, pois a entrada da água, seguido da formação e da ação de seus cursos, pode ser entendida como um dos componentes dos processos morfogenético mais ativo na esculturação da paisagem terrestre (CHRISTOFOLETTI, 1979).

O planejamento ambiental como política pública envolve um pouco mais de questões como o levantamento de dados sobre a região para a qual se pretende fazer o planejamento (SANTOS, 2004). Dessa maneira, o planejamento ambiental torna-se instrumento de extrema importância para o cumprimento de políticas de meio ambiente, configurando-se como uma relevante ferramenta de diagnóstico e prognóstico para uma eficiente gestão ambiental (FRANCO, 2000).

Sabe-se que no desenvolvimento de estudos ambientais, a análise das características morfométricas de bacias hidrográficas é de fundamental importância para tomada de decisão. De acordo com (CARDOSO ET AL. 2006), as características físicas e bióticas de uma bacia exercem importante papel nos processos do ciclo hidrológico influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e o escoamento superficial e subsuperficial. Atualmente, a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas é realizada com a integração de informações de relevo com uso das ferramentas de Geoprocessamento.

As tecnologias de Geoprocessamento utilizadas estão cada vez mais desenvolvidas, e proporcionam para os estudos afins, uma ferramenta eficiente no auxílio a tomada de decisão na gestão dos recursos naturais, as imagens de satélites e arquivos digitais em vários formatos são dados indispensáveis, tendo menor custo além de reduzir tempo em trabalho de campo para estudos de recursos hídricos (Jones, 1998).

As informações de relevo são representadas por uma estrutura numérica de dados correspondente à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada Modelo Digital de Elevação (MDE). Esses modelos são obtidos, por meio da interpolação de curvas de nível extraídas de uma carta topográfica ou através de imagens de sensores remotos. A utilização de MDE em Sistema de Informações geográficas (SIG) apresenta vantagens, como os recursos digitais (velocidade, repetibilidade e integração com outras bases de dados),

a redução de intervenções manuais e, portanto, subjetividade e a possibilidade de representação paramétrica (VALERIANO ET AL., 2006).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Face ao exposto o trabalho teve como objetivo realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Farinhas, utilizando imagens SRTM, e a partir dos dados gerados, efetuar uma análise comparativa com os dados da carta topográfica do governo do estado da Paraíba.

### **2.2 Específicos**

- Caracterizar a bacia em estudo;
- Confeccionar mapas de densidade hidrográfica, hipsométrico pedológico, declividade e localização da área.
- Realizar análise comparativa dos dados SRTM com a Carta Topográfica.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Bacias hidrográficas**

Os primeiros estudos que utilizaram bacias hidrográficas como unidade de planejamento surgiram nos Estados Unidos da América no ano de 1933, no Brasil, este tipo de estudo surgiu em 1946 no Estado de Pernambuco com aplicações à conservação do solo; posteriormente, em 1980 no Estado do Paraná, ocorreu a primeira grande experiência comunitária de microbacias (OSAKI, 1994 apud ARAÚJO E PINENSE, 2006). No entanto, ao decorrer do tempo, várias definições foram formuladas para conceituar uma bacia hidrográfica e verifica-se que existe uma grande preocupação entre os autores, que definem esse recorte espacial tomando como base a área de concentração de uma rede de drenagem. Assim, dentre as semelhantes propostas analisadas para definir uma bacia hidrográfica, pode-se citar a de Barrela (2001 apud TEODORO et al., 2007):

Um conjunto de terras drenadas por um Rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas

das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e Rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e Rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros Rios, esses pequenos Rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando Rios maiores até desembocarem no oceano.

Considerando-a uma unidade para fins de planejamento, por integrar água e solo, vultoso para a manutenção da vida, a bacia hidrográfica se constitui de fundamental importância para o manejo e gestão do ambiente e dos recursos naturais. Ela é estabelecida pelas inter-relações dos elementos que constituem sua paisagem (solo, clima, vegetação...) e os mecanismos intempéricos que atuam sobre sua esculturação (chuvas, sol, ventos...) (ARAÚJO E PINENSE, 2006).

De acordo com Teodoro *et al.* (2007), para uma melhor compreensão de seus processos e um melhor gerenciamento de sua área, a bacia hidrográfica pode ser subdividida em duas unidades, sendo elas: sub-bacia e microbacia.

- As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Possuem áreas maiores que 100 km<sup>2</sup> e menores que 700 km<sup>2</sup> (FAUSTINO, 1996).
- A microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia. Possuem a área inferior a 100 km<sup>2</sup> (FAUSTINO, 1996).

### 3.2 Geotecnologias

O Termo geotecnologia na atualidade se caracteriza como um conjunto de ferramentas que caracteriza tecnologias no qual fornece coletas, processamento, análise e disponibilização de informação com referência geográfica. As geotecnologias são composição de soluções em hardware, software e pessoas que trabalham com processamento de dados. O conjunto desses elementos resulta em uma ferramenta de grande importância na atualidade. (RIZZI, 2004).

Geoprocessamento segundo CÂMARA ET AL (2001), denota a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica. As ferramentas



computacionais para geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (GIS), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e criar bancos de dados georeferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Uma definição ampla e universal aborda o SIG como sendo um sistema integrado para capturar, armazenar, manipular, analisar e exibir informações referentes as relações de natureza geográfica (REZENDE, 2002 APUD GOODCHILD, 1985). Um SIG tem a capacidade de processar dados gráficos e não gráficos, com ferramentas de análise espacial e modelagem de superfícies (COLLISCHONN, 2000).

### **3.2.1 Sistema de informação geográfica (SIG)**

Existem muitas definições para SIG e, portanto, torna-se difícil selecionar uma definitiva (HEYWOOD, ET AL., 1998). Maguire (1991) oferece uma lista de onze definições diferentes. Essa variedade pode ser explicada, como Pickles (1995) sugere, pelo fato de que uma definição de SIG depende de quem a está fazendo, de seus interesses e pontos de vista. Algumas definições mais simplificadas dão uma idéia de que um SIG é, mas por outro lado oferecem apenas uma visão superficial dessa poderosa ferramenta. Rhind (1989), por exemplo, propõe que um SIG é um sistema de computador que controla e usa dados descrevendo lugares na superfície da Terra.

Outras, mais completas, como a de Burrough (1986): “um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e mostrar dados espaciais sobre o mundo real para um conjunto particular de objetivos” dão uma melhor idéia do que é um SIG, bem como do que ele pode fazer.

Para facilitar o entendimento sobre o que é um Sistema de Informação Geográfico, podemos analisar o significado de cada uma das partes que compõe esta terminologia: Sistema: conjunto de entidades e atividades conectadas que interagem para um propósito comum. Sistema de Informação: é um conjunto de processos, executados sobre dados brutos, para produzir informações que podem ser úteis durante a tomada de decisão Sistemas de Informação Geográfica: tratam de fenômenos distribuídos espacialmente, dentro de uma área geográfica específica.

Os SIGs então tratam de dados espaciais, ou seja, dados que descrevem fenômenos aos quais estão associados alguma dimensão espacial, o SIG utiliza uma classe particular de dados espaciais: os dados georeferenciados ou geográficos, que são aqueles que descrevem fatos, objetos e fenômenos do globo terrestre, associados à sua localização sobre a superfície

terrestre, num certo instante ou período de tempo, ou seja, possuem três dimensões: temporal, temática e espacial. A característica temporal indica quando foram coletados, características temáticas são normalmente referidas como atributos e são características associadas aos elementos espaciais para fornecer informação adicional sobre os mesmos, a localização geográfica por outro lado é uma característica inerente à informação e indispensável para sua análise (Alves, et al., 2000).

Resumidamente, SIGs podem ser usados para adicionar valor a dados espaciais, permitindo que os mesmos possam ser organizados e visualizados eficientemente, transformando-os em informação. Propicia também a integração de diversos tipos de dados, em diferentes escalas, criando informações novas e ajudando na tomada de decisões (Alves, et al., 2000).

Câmara (1993) afirma que a característica fundamental de um SIG é sua capacidade de armazenar, recuperar e analisar mapas num ambiente computacional, um mapa é uma representação gráfica de fenômenos geográficos, geralmente em uma superfície plana, Num ambiente computacional, a noção de mapa deve ser estendida para incluir diferentes tipos de dados geográficos, como imagens de satélite e modelos numéricos de terreno (MNTs), que desta forma podem ser representados e visualizados em três dimensões.

### 3.2.1.1. Componentes de um SIG

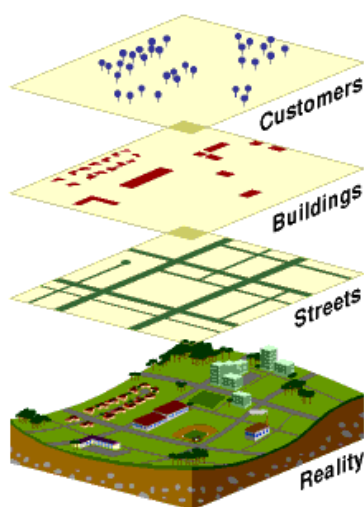
Uma confusão comum quando se trata de SIG é referir-se somente ao software em lugar da tecnologia como um todo. Percebem-se frequentemente dificuldades de comunicação entre profissionais que se utilizam da mesma nomenclatura para se referir a conceitos diferentes, assim, para um entendimento mais completo, é necessário conceituar os principais componentes de um SIG, entre os quais se encontra o software. Os outros elementos a serem definidos são: HARDWARE, DADOS, USUÁRIOS e as METODOLOGIAS DE ANÁLISE, (Figura 1).



**Figura 1** – Componentes de um GIS (GIS,1999).

### 3.2.1.2 Funcionamento de um SIG

As informações sobre o mundo armazenadas em um SIG estão sob a forma de mapas temáticos, ou *layers*, (Figura 2) que podem ser apresentados separadamente ou unidos. Este conceito simples, mas extremamente poderoso, tem se mostrado muito valioso na solução de vários problemas reais – desde o rastreamento de veículos perdidos, até modelagens de comportamentos da atmosfera global (GIS,1999).



**Figura 2** – Mapas formados por múltiplas camadas (GIS,1999).

### 3.2.2 Sensoriamento Remoto

Florenzano (2007) coloca que o termo sensoriamento refere-se à obtenção dos dados, e remoto, à distância, ou seja: “sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície terrestre”.

Os sensores podem ser classificados, quanto à fonte de energia utilizada por eles, em sensores ativos e passivos. Os passivos, utilizado pelos satélites, dependem de uma fonte de radiação externa para que possam operar e detectar a radiação solar refletida pela terra ou emitida pelos objetos de sua superfície. Já os ativos, produzem a própria radiação que utilizam, a exemplo dos radares, e para seu funcionamento produzem a energia radiante que interage com os objetos da superfície terrestre (NOVO, 1989).

Os satélites, sob a óptica do sensoriamento remoto, são definidos como engenhos desenvolvidos pelo homem, que orbitam em torno da terra, a fim de coletar e transmitir informações dos alvos de sua superfície (MOREIRA, 2011). Os dados dos sensores remotos,

através das imagens de satélite, possibilitam estudos e monitoramento de fenômenos antrópicos, e naturais (FLORENZANO, 2007).

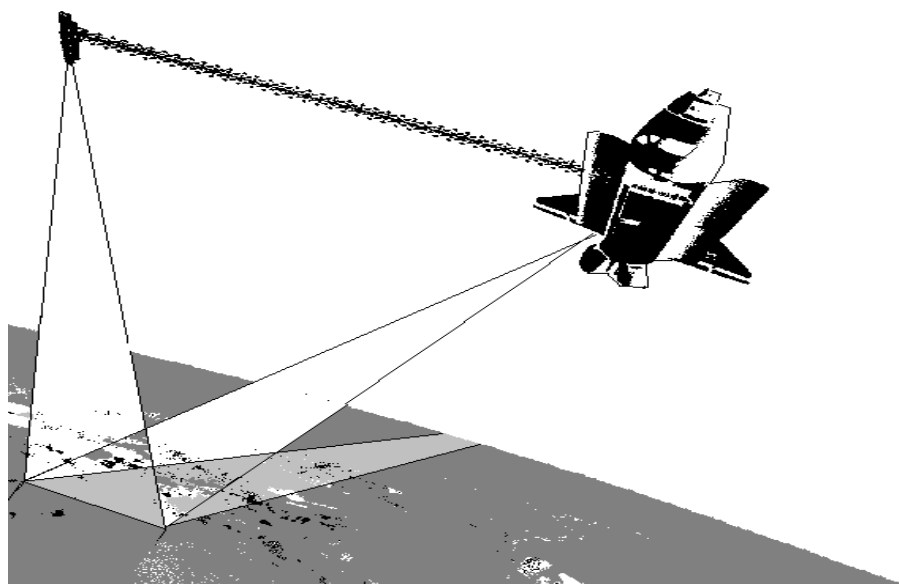
### 3.2.3 Imagens SRTM

Shuttle radar Topography Mission (SRTM) é uma missão a qual se gerou uma base topográfica digital de alta resolução. A SRTM consiste num sistema de radar especialmente modificando que voou a bordo do Endeavour (ônibus espacial), em fevereiro de 2000. Imagens de SRTM são disponibilizadas pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e também pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária).

Mendes (Apud FUJIHARA, 2002), diz que a utilização de técnicas de geoprocessamento constitui-se em instrumento de grande potencial para o estabelecimento de planos integrados de conversação do solo e da água.

O projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) surgiu a partir da cooperação entre a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD) e das agências espaciais da Alemanha e da Itália. A missão foi lançada a bordo do ônibus espacial Space Shuttle Endeavour em fevereiro de 2000, a partir do Centro Espacial de Kennedy, EUA com o principal objetivo de obter dados topográficos da Terra (VALERIANO, 2004).

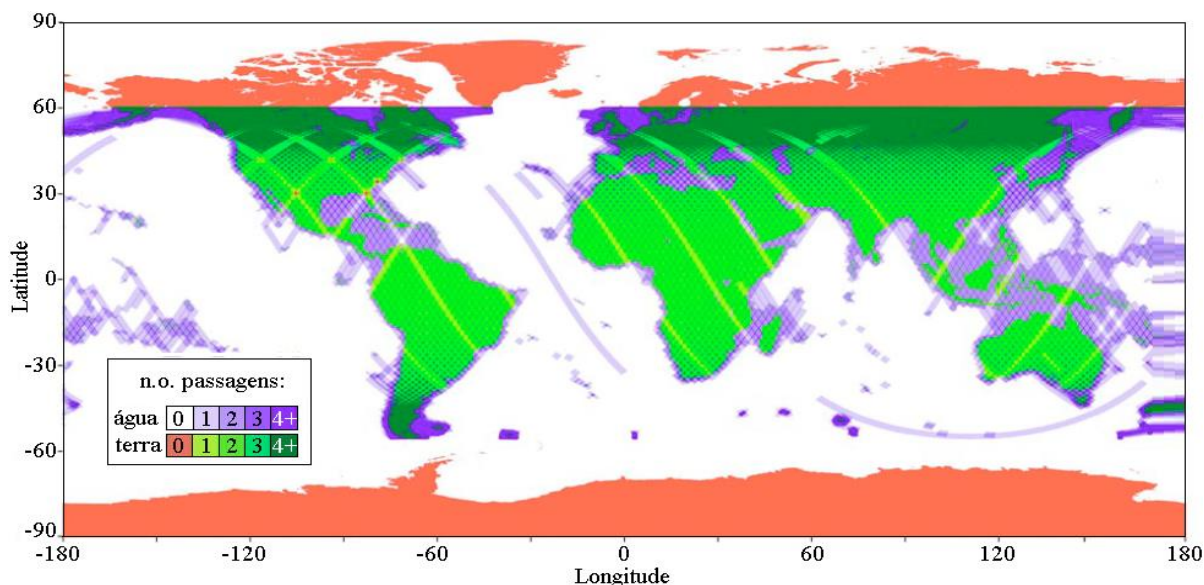
Para aquisição dos dados tridimensionais, o sistema foi configurado para coletar duas imagens ao mesmo tempo, através de duas antenas posicionadas separadamente, com distância de 60m entre si (Figura 3). Os radares empregados na missão tiveram os seguintes comprimentos de onda e frequências: banda C (5,6 cm, 5,3 GHz) e banda X (3,1 cm, 9,6 GHz). Cada antena SAR (*Synthetic Aperture Radar*) possui fases diferentes e, por meio da diferença de sinais, foram medidas as elevações (VAN ZYL, 2001 *apud* PINHEIRO, 2006) (SILVA, 2009 *apud* VAN ZYL, 2001 *apud* PINHEIRO, 2006).



**Figura 3** - Configuração das antenas a bordo do Endeavour para a missão SRTM.

O sobrevôo da SRTM teve duração de 11 dias, do dia 11 a 22 de fevereiro de 2000, durante o qual foram percorridas 16 órbitas por dia, num total de 176 órbitas sendo imageada 80% da superfície terrestre, compreendida entre as latitudes  $60^{\circ}$  N e  $56^{\circ}$  S, fornecendo modelos tridimensionais com amplitude da grade de 30 metros, para os Estados Unidos, e 90 metros, para o resto do mundo. O sobrevôo foi concluído com a coleta de 12TB de dados que vêm sendo processados para a formação de MDE's. O processamento dos dados coletados visou à formação de um MDE mundial, elaborado continente por continente, iniciado com a América do Norte. A conclusão de cada continente, segue-se o envio dos dados ao NIMA, onde estes são editados, verificados e ajustados aos padrões norte-americanos de exatidão de mapas (*National Map Accuracy Standards*). Estes mapas são reenviados à NASA para distribuição pública através da USGS (*United States Geological Survey*) (SILVA, 2009 *apud* CHIEN, 2000 *apud* SANTOS *et al.*, 2006; VALERIANO, 2004).

A Figura 4 demonstra a área imageada e o número de passagens que foi necessário para a coleta de dados em cada área do globo, onde a parte terrestre é representada pelos níveis de verde, a aquática por níveis de roxo e a área que não foi possível à coleta de dados pela cor branca, no mar, e laranja claro, no continente.



**Figura 4** - Distribuição da cobertura e número de passagens da SRTM.

O Datum e o elipsóide de referência são WGS 84 (*World Geodetic System 1984*), com dados de altitude (h) em metros. Cabe citar que com a resolução espacial de 90m, o uso do MDE SRTM é mais indicado em escala de 1/250.000 ou menores. Até agora, é evidenciado que a utilização dos modelos SRTM é preferível para áreas com características de baixa declividade. (SILVA, 2009 *apud* HALL *et al*, 2005 *apud* PINHEIRO, 2006; SILVA, 2009 *apud* PINHEIRO, 2006).

### 3.3 Geoprocessamento e Recursos Hídricos

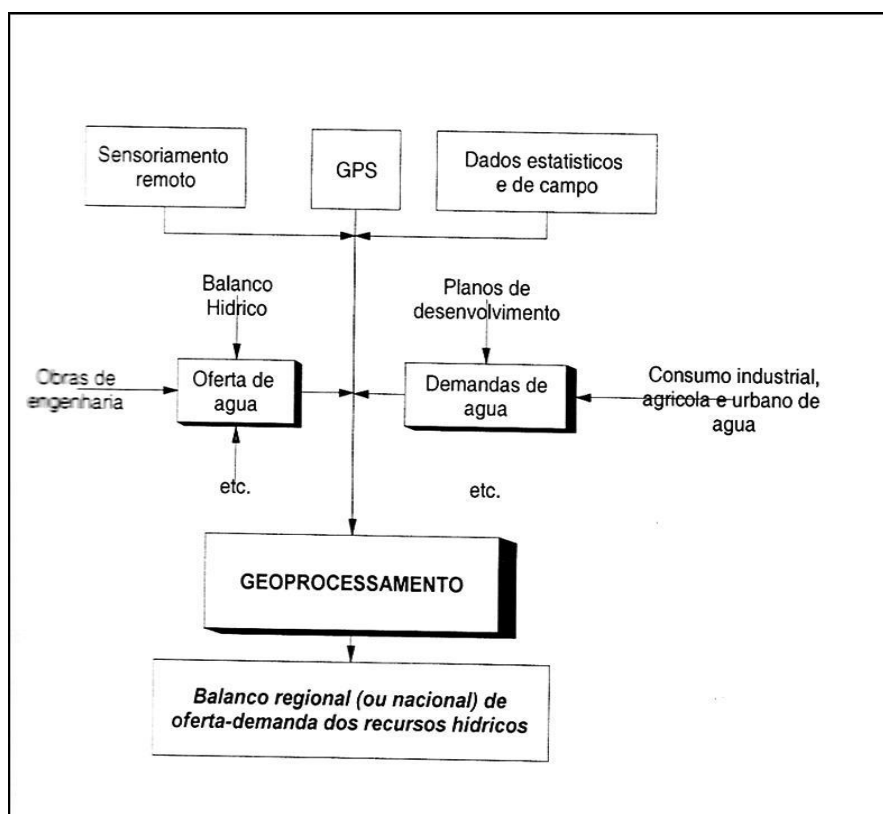
O planejamento dos recursos hídricos sempre esteve presente em projetos de desenvolvimento regional. Isso acontece, principalmente, pela escassez desse recurso em várias regiões do Brasil e do mundo. É importante ressaltar que esse planejamento se faz necessário não só pela escassez, mas pelo comprometimento da qualidade da água pelo uso indevido da área de influência de um rio (BNDES, 2006).

As áreas adjacentes aos rios são constantemente degradadas e exploradas pela sociedade, assim, para melhor gerenciá-las é imprescindível que a informação seja sistematizada com utilização de sistemas que articulem essas informações, de modo a processá-las para gerar subsídios às intervenções porventura sejam necessárias sua adequada operação, prevenindo e controlando processos naturais ou de ações antrópicas nas bacias hidrográficas (MENDES & CIRILO, 2001).

Um exemplo da utilização do geoprocessamento nos recursos hídricos pode ser visualizado pela figura 5, onde o sensoriamento remoto, GPS e dados estatísticos e

de campo seriam as possíveis formas de aquisição de dados, A oferta e demandas de águas seriam os eixos temáticos para análise desses recursos, posteriormente, há o uso do geoprocessamento para, por fim, adquirir o produto final, que, neste caso, é o balanço regional (ou nacional) de oferta-demanda dos recursos hídricos.

O geoprocessamento, por ser um grande aliado a análises ambientais, se torna uma ferramenta importante para o planejamento e gestão desse recurso.



**Figura 5** - Uso do geoprocessamento para análise regional dos recursos hídricos (MENDES & CIRILO, 2001 apud MENDES, 1999).

### 3.4 Morfometria

Morfometria é o estudo matemático das formações e configurações da superfície de uma bacia hidrográfica, que podem ser divididas em características geométricas; características da rede de drenagem e características do relevo.

O cálculo das características morfométricas, também denominadas morfológicas ou simplesmente físicas, de uma bacia hidrográfica é fator primordial para seu conhecimento. Tais características são extremamente úteis na orientação dos técnicos durante a elaboração de projetos hidro agrícolas, na construção de barragens, na escolha de fontes de abastecimento de água, na regularização e regionalização de vazões, dentre outros (NOVAES et al., 2004). Os índices calculados da morfometria são importantes para se obter um estudo hidrológico, e com grande relevância para pode-se definir prioridades de gestão e elaboração de planos de ações.

A interpretação geomorfológica de bacias hidrográficas e pesquisas realizadas sobre a aplicabilidade dos índice ou, características morfometricas, tanto na abordagem linear como adimensional, traz informações relevantes na relação solo-superfície. Este estudo aborda pedologia, relevo e rede hidrográfica, com os consequentes processos ambientais, descrevendo a dinâmica das drenagens superficiais e as formas topográficas, analisando diversas questões geomorfológicas (PISSARA et al., 2004).

#### 3.4.1 Área de drenagem

É a área plana (projeção horizontal) inclusa entre os seus divisores topográficos. A área de uma bacia é o elemento básico para o cálculo das outras características físicas. É normalmente obtida por planimetria ou por pesagem do papel em balança de precisão. São muito usados os mapas do IBGE (escala 1:50.000) (Carvalho & Silva, 2006).

#### 3.4.2 Características Geométricas

As características geométricas definem o comportamento hidrológico da bacia em contexto geral, isso relacionado com o escoamento e o armazenamento da água. Os principais índices são: áreas de drenagem (A); Perímetro (P); coeficiente de compacidade (Kc); fator de forma (Kf); razão de alongação (Re); índice de circularidade (Ic); índice entre comprimento e a área da bacia (ICO).

##### ➤ *Coeficiente de compacidade (Kc)*



O coeficiente de compacidade consiste na relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo hipotético cuja área seja igual a área de drenagem da bacia em questão, sendo calculado pela (equação 1). Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho. Um coeficiente mínimo igual a unidade corresponderia a uma bacia hidrográfica circular. Para uma bacia alongada seu valor é significativamente superior à unidade. (VILLELA & MATTOS, 1975).

$$K_c = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Em que:

$K_c$  = coeficiente de compacidade, (adimensional);

$P$  = Perímetro da bacia, (km);

$A$  = área de drenagem, (km<sup>2</sup>)

Quanto mais próximo de um círculo uma bacia se assemelhar, isso é, quando seu  $K_c$  for mais próximo da unidade, maior será sua capacidade de proporcionar grandes cheias. Isto ocorre porque há conversão de escoamento superficial, havendo acúmulo do fluxo (GUARIZ, 2008).

Conforme Silva e Melo (2006), podem-se classificar bacias hidrográficas em função do valor de  $K_c$  da seguinte forma:

- $1,00 < K_c < 1,25$  – bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- $1,25 < K_c < 1,50$  – bacia com tendência mediana a grandes enchentes
- $K_c > 1,50$  – bacia não sujeita a grandes enchentes.

#### ➤ ***Fator de forma ( $K_f$ )***

O fator de forma (equação 2), representa a relação entre a área e o comprimento axial da bacia. Esse comprimento é a distância euclidiana entre a foz e o ponto mais distante da bacia, localizado no divisor de águas, tomando-se como eixo de referência a direção predominante do curso d'água principal (MOSCA, 2003).

$$K_f = \frac{A}{L_x^2} \quad (2)$$

Em que:

$K_f$  = fator de forma, (adimensional);

$L_x^2$  = comprimento axial da bacia (Km).

O fator de forma se trata de um índice calculado para se obter indicativo de tendência no qual determina enchentes de uma bacia. Portanto em uma bacia com um fator de forma é considerado menos sujeita a enchentes a de que outro tamanho com maior  $K_f$ . Portanto esse fato é de que numa bacia estreita e longa (baixo fator de forma) há menos possibilidade que ocorra chuvas intensas assim cobrindo simultaneamente toda sua extensão; sendo assim a contribuição dos tributários atingindo o curso d'água principal em quais vários pontos ao longo do mesmo, afasta-se, dando a condição ideal da bacia circular, assim a concentração de todo o deflúvio da bacia se dá num só ponto.

De acordo com Silva e Mello (2008), os valores assumidos pelo fator de forma levam as seguintes classificações:

- $K_f > 0,75$  – bacia sujeitas a enchentes;
- $0,50 < K_f < 0,75$  – bacia com tendência mediana a enchentes; e
- $K_f < 0,50$  – bacia não sujeita a enchentes.

#### ➤ **Razão de alongação ( $Re$ )**

Razão de alongação (Equação 3), é a relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia e o comprimento do eixo da bacia (MOSCA, 2003).

$$Re = 1,128 \left( \frac{A^{0.5}}{L_{ax}} \right) \quad (3)$$

$A$  = Área da Bacia

$L_{ax}$  = Comprimento axial da Bacia

Em que  $Re$  é a razão de alongação, (adimensional).

Quanto maior o valor da  $Re$ , mais próximo estará de um círculo, então considera-se a bacia maior e com probabilidade de enchentes, portanto valores menores são assumidos pela  $Re$  e se deve a uma bacia mais alongada e assim menos susceptível a cheias.

➤ ***Índice de circularidade (Ic)***

Esse índice representa a relação entre a área total da bacia e a área de um círculo de perímetro igual ao da bacia hidrográfica (Equação 4).

Similarmente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada (BORSATO, 2005).

$$(4) \quad I_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

A = Área da Bacia

P = Perímetro da Bacia

Em que  $I_c$  é o índice de circularidade, (adimensional).

Quanto mais próximo de 1,0 for o valor de  $I_c$ , mais próxima da forma circular será a bacia. Já os valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento (BORSATO, 2005).

➤ ***Índice entre o comprimento e a área da bacia (ICO)***

O ICO pode ser calculado dividindo-se o diâmetro da bacia pela raiz quadrada da área, conforme (a Equação 5), de acordo com EPAGRI (1997), onde o diâmetro da bacia equivale ao diâmetro da circunferência de mesmo perímetro da bacia.

$$(5) \quad I_{CO} = \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P = Perímetro da Bacia

A = Área da bacia

Em que  $I_{CO}$  é o índice entre comprimento e a área da bacia.

Este índice apresenta uma significância na qual descrever e interpretar a forma como o processo de alargamento ou alongamento da bacia hidrográfica.

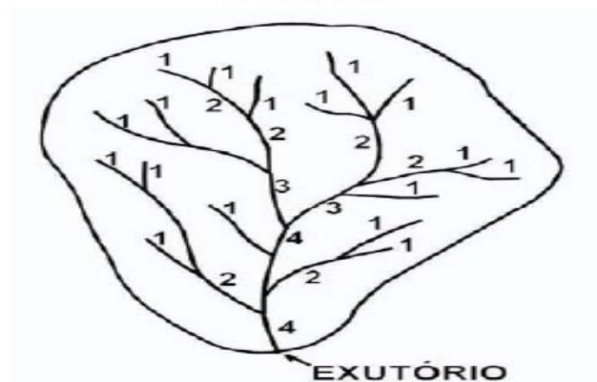
O seu significado advém do fato de podermos utilizar figuras geométricas simples como ponto de referência. Quando o valor do ICO estiver próximo de 1,0, a bacia apresenta forma semelhante a um quadrado; quando o valor for acima da unidade, mais alongada será a forma bacia (EPAGRI, 1997).

### 3.4.3 Características da Hidrografia

As características do padrão de drenagem ou da hidrografia, repercutem no comportamento hidrológico e litológico de cada bacia. Os principais índices são: densidade de drenagem (Dd); coeficiente de torrencialidade (Ct); Sinuosidade do curso d'água (SIN); Índice de sinuosidade (Is); ordem dos corpos hídricos.

#### ➤ *Classificação de Horton*

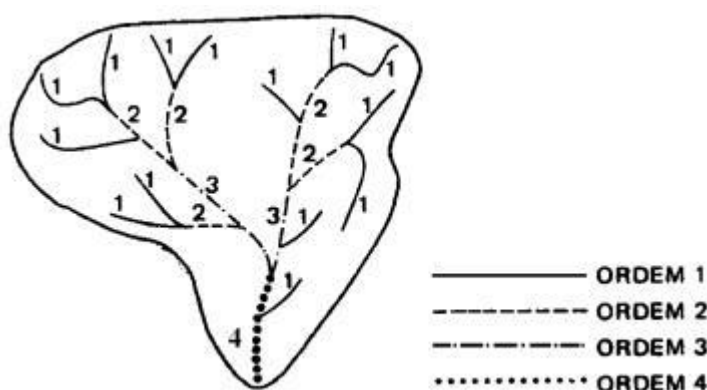
Segundo a classificação de Horton, os cursos d'água de primeira ordem são aqueles que não recebem nenhuma contribuição de curso tributário (Figura 6), além de ser o curso principal no seu exutório; o de segunda ordem recebe somente tributários de primeira ordem; o de terceira ordem pode receber tributários de ordem inferior ou igual a dois; e assim sucessivamente, um curso d'água de ordem “N” pode receber contribuintes de ordem inferior ou igual a “N - 1” (GONTIJO JÚNIOR, 2007).



**Figura 6** – Ordenamento dos canais seguindo o modelo de Horton.

#### ➤ *Classificação de Strahler*

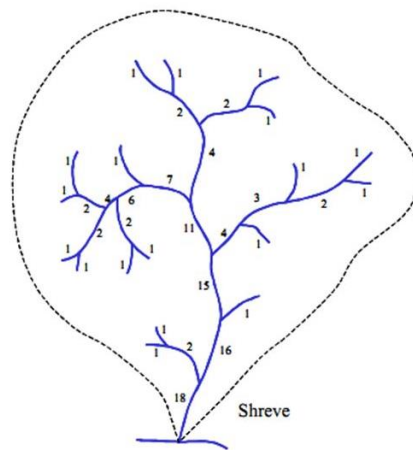
A classificação de Sthaler introduz um sistema diferentes de hierarquia fluvial e que hoje ainda se destaca como um dos mais utilizados (Figura 7). Para ele, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de confluência de dois canais de segundo ordem, podendo receber afluentes e segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores. E assim sucessivamente. Nesta ordenação elimina-se o conceito de que o rio principal deva ter o mesmo número de ordem em toda sua extensão (MACHADO et al, 2009).



**Figura 7** – Ordem dos canais seguindo o modelo de Strahler.

#### ➤ *Classificação de Shreve*

Os canais de primeira ordem têm magnitude um, e o encontro de dois canais resulta no somatório de suas magnitudes, de tal maneira que o valor final atribuído ao canal principal reflete a quantidade de canais de primeira ordem que contribuíram para sua alimentação (Figura 8), ou seja, o número de canais de primeira ordem encontramos em toda a bacia (MACHADO et al, 2009).



**Figura 8** - Ordenamento dos canais seguindo o modelo de Shreve.

➤ ***Densidade de Drenagem (Dd)***

A Dd é expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede – sejam eles perenes ou intermitentes – e a área total da bacia (equação 6).

$$Dd = \frac{L_{tot}}{A} \quad (6)$$

Em que:

Dd = densidade de drenagem, (km, km<sup>2</sup>-);

Ltot = Comprimento total de todos os cursos os cursos d' água, Km;

A = Área da Bacia

Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (GUARIZ, 2008).

De acordo com Christofolletti (1980), o cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios, À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

➤ ***Coefficiente de torrencialidade (Ct)***

Permite quantificar a tendência de uma bacia hidrográfica em relação à ocorrência de inundações, através da multiplicação da densidade hidrográfica pela densidade de drenagem (Equação 7). Então a tendência será o quanto que o maior valor do  $C_t$ , este parâmetro, portanto é de grande importância em pequenas bacias, pois seu tempo de torrencialidade ser mais deduzido.

$$C_t = D_h \cdot D_d$$

(7)

$D_h$  = Densidade Hidrográfica

$D_d$  = Densidade de Drenagem

Em que  $C_t$  é o coeficiente de torrencialidade, adimensional.

➤ ***Sinuosidade do curso d'água (SIN)***

A sinuosidade do canal principal é um fator controlador da velocidade do fluxo de água (NOVAES et al., 2004), pois quanto maior a sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo deslocamento da água no seu caminho até a foz, implicando numa menor velocidade. A sinuosidade é representada pela relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento de seu talvegue (Equação 8), que seria o comprimento reto do canal medido da nascente até a foz conforme Alves e Castro (2003).

Em que:

SIN = sinuosidade do curso d'água, (adimensional);

$L_p$  = comprimento do canal principal (km);

$L_t$  = comprimento do talvegue (km).

$$SIN = \frac{L_p}{L_t}$$

(8)

➤ ***Índice de Sinuosidade (Is)***

Para comparação entre rios diferentes utiliza-se o índice de sinuosidade expresso em porcentagem em relação ao comprimento total do rio (Equação 9).

$$Is = 100 \times \frac{(Lp - Lt)}{Lp} \quad (9)$$

Em que Is são índice de sinuosidade, porcentagem.

Crhistofolletti (1981) citado por EPAGRI (1997) estabeleceu cinco classes de sinuosidade do curso d'água expresso pelo índice de sinuosidade, são elas:

- $Is < 20\%$  - canal muito reto;
- $20\% \leq Is \leq 30\%$  - canal reto;
- $30\% \leq Is \leq 40\%$  - canal divagante;
- $40\% \leq Is \leq 50\%$  - canal sinuoso;
- $Is \geq 50\%$  - canal muito sinuoso;

Estes parâmetros são importantes para o manejo de bacias, pois, influencia diretamente na velocidade de escoamento da água em suas calhas e, conseqüentemente, no tempo de concentração dessas mesmas.

De acordo com Sthaler (1964), apud por Borsato e Martoni (2004), a declividade dos canais está intimamente ligada com a declividade dos terrenos de uma bacia, Vertentes com declividades altas contribuem com uma grande quantidade de detritos maiores em direção aos canais que, por sua vez, devem ter uma declividade alta poderem efetuar o transporte, ao passo que vertentes com relevo mais suave acabam gerando detritos menores e em menor quantidade, facilitando o transporte pelos rios, que necessitam então de uma declividade menor.

### 3.5 Características do Relevo

As características do relevo descrevem diferentes compartimentos da paisagem, onde ocorrem processos como o fluxo de materiais em superfície (erosão) e em profundidade (infiltração, lixiviação e translocação) (ABRAHÃO e MELLO, 1988 citado por PISSARA et al. 2004).

Os principais índices são: altitude e declividade da bacia; retângulo equivalente (L e lr); coeficiente de rugosidade (CR);.

#### ➤ **Altitude**



De acordo com Castro e Lopes (2001), citados por Guariz (2008), a altitude influencia a quantidade de radiação que ela recebe e, conseqüentemente, a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração.

➤ **Declividade**

A declividade da bacia é uma característica de grande interesse hidrológico, especialmente para as bacias pequenas, nas quais o escoamento superficial será determinante na forma do hidrograma (LINSLEY et al., 1975).

Isso ocorre porque a declividade é um dos fatores principais que regulam a velocidade desse escoamento. Além disso, a declividade vai ter grande influência no processo de erosão (BORSATO & MARTONI, 2004). Quanto mais íngreme for o terreno, mais rápido será o escoamento superficial, o tempo de concentração será e os picos de enchentes maiores.

➤ **Retângulo equivalente (L e  $l_r$ )**

O retângulo equivalente (Equação 10 e 11), foi introduzido por hidrologistas franceses com o objetivo de comparar melhor a influência das características físicas da bacia sobre o escoamento (BORSATO, 2005). Consiste num retângulo com a mesma área da bacia, sendo as curvas de nível posicionadas de forma paralela ao seu lado menor, respeitando-se a hipsometria natural da bacia (VILELLA & MATTOS, 1975). Com o retângulo equivalente é possível ter uma noção melhor da distribuição de altitudes ao longo da área da bacia.

A primeira equação determina o lado maior do retângulo e a segunda equação determina o menor lado do retângulo equivalente.

$$L = \frac{Kc \cdot \sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{Kc} \right)^2} \right]$$

$$lr = \frac{P}{2-L} \text{ ou } lr = \frac{Kc \cdot \sqrt{A}}{1,128} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1,128}{Kc} \right)^2} \right]$$

(10)

(11)

Em que:

L = lado maior do retângulo equivalente, km;

Lr = lado menor do retângulo equivalente, km.

➤ ***Coefficiente de rugosidade (CR)***

O risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas pode ser estimado pelo CR, obtido do produto entre a densidade de drenagem e sua declividade média. (Equação 12).

$$CR = Hdm \cdot Dd$$

(12)

Em que:

CR = coeficiente de rugosidade, (adimensional);

Hdm = declividade média da bacia (m/m).

O coeficiente de rugosidade direciona o uso potencial do solo em bacias hidrográficas (ROCHA, 1997). A análise do CR, baseia-se em classes definidas por Pissarra et al. (2004). Desta forma, as quatro classes (A, B, C e D), foram assim estipuladas:

- Classe A (solos apropriados para a agricultura) CR < 23;
- Classe B (solos apropriados para pastagens/pecuária) CR entre 23 e 43;
- Classe C (solos apropriados para pastagem/reflorestamento) CR entre 44 e 63;
- Classe D (solos apropriados para reflorestamento) CR > 63.

## 4.0 MATERIAL E MÉTODOS

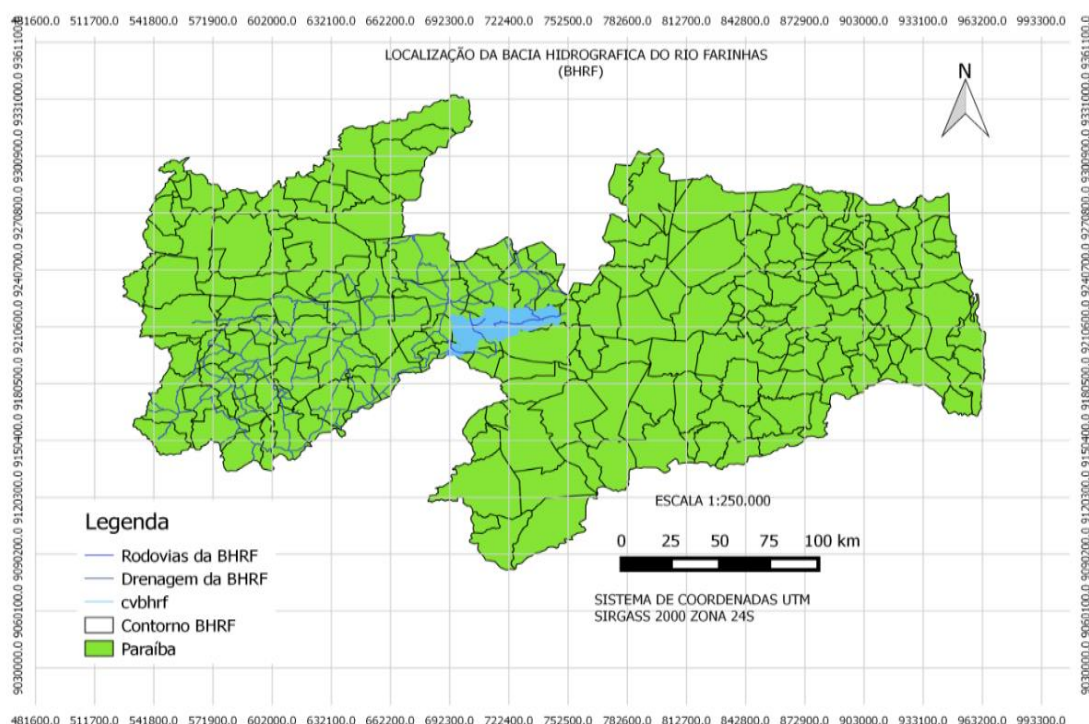
### 4.1 Área de Estudo

“A bacia hidrográfica do rio Farinhas está circunscrita às coordenadas geográficas 07°01’39 a 07°16’50” de Latitude Sul e 36°43’41 a 37°16’28” de Longitude Oeste de Greenwich. Localiza-se na região centro-oeste do Estado da Paraíba (Figura 9), englobando totalmente o município de Passagem e, parcialmente, os municípios de Assunção, Salgadinho, Junco do Seridó, Santa Luzia, São Mamede, Quixaba, Patos, Teixeira, Cacimbas, Taperoá e Areia de Baraúnas (ARAÚJO, 2010).

A topografia apresenta cotas situadas entre 300 a 981 m, com altitudes elevadas, apresenta relevo que varia de suavemente ondulado a fortemente ondulado, com declividade elevada, estando à calha do rio principal situada entre serras. A vegetação é do tipo Caatinga Hiperxerófila (CPRM, 2005), com forte presença de caatinga arbustiva arbórea aberta, havendo pequenas áreas de caatinga arbórea fechada em localidade de difícil acesso, pelas condições de relevo (AESÁ, 2008).

De acordo com a classificação de Koppen a bacia do Rio Farinha possui clima predominante do tipo semiárido quente, classificado como Bsh, com chuvas no verão de distribuição irregular, concentrando-se entre os primeiros meses do ano e uma precipitação média anual 698,9 mm – DCA/UFCG (2011).

A metodologia utilizada neste trabalho é fundamentada através do levantamento bibliográfico, visitas em campo; utilização de imagem de satélite; suporte computacional físico (hardware) e lógico (software).



**Figura 9** - Localização da Área de Estudo

#### **4.2 Análise Morfométrica**

Para a delimitação da bacia hidrográfica foi necessária uma sucessão de passos automatizados, baseados nas características das extensões aplicadas. Foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) elaborado pelo SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*); a extração da drenagem a partir do MDE foi realizada através da ferramenta *Spatial Analyst Tools* incluída no aplicativo *ArcMap* do Sistema de Informação Geográfica ArcGis 9.3.1<sup>®</sup>. Neste processo foram gerados mapas de direção de fluxo acumulado e drenagem, por fim realizou-se a delimitação da bacia a partir da escolha de um ponto de exutório na rede de drenagem gerada.

Os valores dimensionais de bacias hidrográficas são parâmetros quantitativos que permitem eliminar a subjetividade na sua caracterização (OLIVEIRA et al., 2010). E por fim foi utilizado o software de geoprocessamento o Q Gis 2.12.3, no qual foi utilizado para confecções dos mapas de estudo.

#### **4.3 Características Geométricas**

Foram calculadas as seguintes características morfométricas associadas a características geométricas:

- Coeficiente de Compacidade (KC) – Equação 1
- Fator de Forma (Kf) – Equação 2
- Razão de Elongação (Re) – Equação 3
- Índice de Circularidade (Ic) – Equação 4
- Índice entre o comprimento e a área da bacia (ICO) – Equação 5

#### **4.4 Características da Hidrografia**

A classificação do rio foi realizada segundo a metodologia de Stahler

As características da hidrografia calculadas foram:

- Densidade de drenagem (Dd) - Equação 6
- Coeficiente de torrencialidade (Ct) – Equação 7
- Sinuosidade do curso d' água (SIN) – Equação 8
- Índice de Sinuosidade (Is) – Equação 9

#### **4.5 Características de Relevo**

A Partir do dados SRTM obtiveram-se os valores de altitude maxima e minima da bacia hidrografica.

Para as características morfométricas associadas ao relevo, foram utilizadas as seguintes equações:

- Lado maior do retangulo equivalente (L) – Equação 10
- Lado menor do retangulo equivalente (lr) – Equação 11
- Coeficiente de rugosidade (CR) – Equação 12

#### 4.6 Classes de Solos

O mapa de solos foi obtido a partir do mapa pedológico desenvolvido pela a ATECEL (2009) para o estado da Paraíba. As classes e solos foram definidas fazendo correlação com a reclassificação desenvolvidas pela Embrapa (1999).

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Morfometria a partir dos dados SRTM

##### 5.1.1 Características Geométricas

De acordo com os dados SRTM, a bacia hidrográfica do rio Farinhas possui uma área de drenagem de 743,76 km<sup>2</sup> e perímetro de 197,18 km. A Tabela 1 mostra as características geométricas da Bacia.

**Tabela 1-** Características geométricas da bacia hidrográfica do Rio Farinhas.

<b>Características</b>	<b>Geométricas</b>
<b>Dimensões</b>	
Kc- Coeficiente de compacidade	2,03
Kf - Fator de Forma	0,24
Re - Razão de Elongação	0,46
IC - Índice de Circularidade	0,24
ICO - Índice entre o comprimento e a área da bacia	1,12

Dentre os dados apresentados da bacia hidrográfica do rio Farinhas, considera-se que há evidencia de não haver surgimento de enchentes ao curso da bacia em condições normais

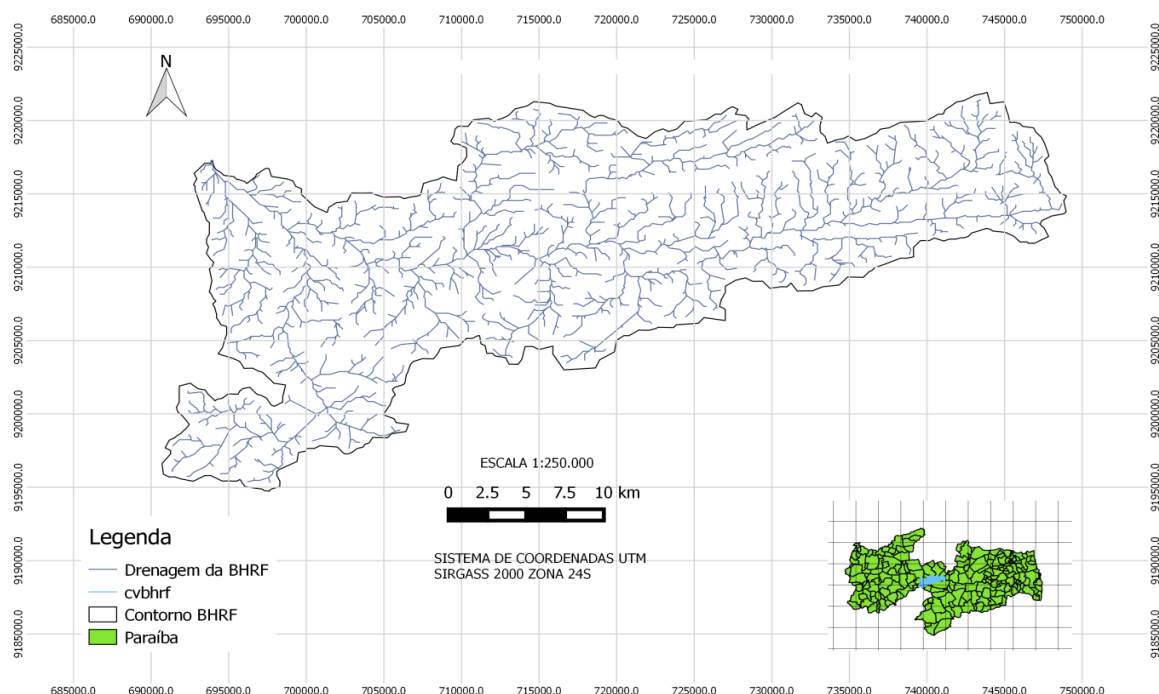
de precipitação, uma vez que seu coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) apresentar valor acima da unidade, assim como o seu fator de forma ( $K_f$ ). No entanto, pode-se afirmar que a bacia em estudo não possui forma circular e sim forma alongada.

Outra informação da bacia, está relacionada com sua forma é o índice de circularidade (IC), pois valores maiores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada contribuindo para o processo de escoamento, na bacia em estudo este índice foi 0,24.

A razão de Elongação encontrada foi 0,46, onde este valor é considerado baixo, o que representa característica de uma bacia menos circular assumindo que a mesma é mais alongada e menos susceptível a cheias.

O índice entre o comprimento e área da bacia (ICO) determina uma forma de processo como alargamento ou alongamento da bacia. No caso estudado o resultado encontrado foi de 1,12 sendo considerada uma bacia de forma mais alongada em todo seu percurso.

A base hidrográfica da região constitui-se por aproximadamente cinco cursos d'água, sendo o rio farinhas como o rio principal, a rede de drenagem da BHRF pode ser observada na Figura 10.



**Figura 10 - Drenagem da Bacia hidrográfica do Rio Farinhas.**

### 5.1.2 Características Hidrográficas

Dentro da classificação, a hidrografia foi considerada como de ordem cinco, de acordo com o método de Strahler. Ordem inferior ou igual a cinco é comum em pequenas bacias hidrográficas e reflete os efeitos diretos do uso da terra. Considera-se que, quanto mais ramificada for a rede, mais eficiente será o sistema de drenagem.

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia (Tabela 2). Assim, este índice, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede; sejam eles perenes intermitentes ou temporários; e a área total da bacia (ANTONELI; THOMAZ, 2007).

A densidade de drenagem encontrada na bacia em estudo é considerada baixa, pois o valor encontrado foi menor que 5 Km/km<sup>2</sup> indicando que esta bacia apresenta drenagem regular com certa tendência em relação à ocorrência de inundações, fato este observado pelo valor baixo do coeficiente de torrencialidade

A sinuosidade do curso d'água principal foi considerada como retilínea pela classificação de CRHISTOFOLETTI (1981), pois o valor de  $I_s$  é  $< 20\%$ , fator este observado também pelo valor de SIN que está próximo da unidade, onde Alves E Castro (2003) indica que o canal é muito retilíneo e, segundo Antoneli E Thomaz (2007), esse tipo de canal favorece um maior transporte de sedimento.

Tabela 2 - Características da Hidrografias da bacia hidrográfica do rio Farinhas.

<b>Características da Hidrografia</b>	<b>Dimensões</b>
Dd - Densidade de Drenagem (km/km <sup>2</sup> )	1,25
Ct - Coeficiente de torrencialidade	1,07
SIN - Sinuosidade do Curso d'água	1,21
I - Extensão média do escoamento	3,35
Ib - índice de bifurcação	5,02

### 5.1.3 Características do relevo

A Tabela 3 apresenta os dados das características do relevo da bacia em estudo, observa-se que a bacia em estudo possui altitude máxima de 540 m e mínima de 240 m elevação média de 565 m. As maiores altitudes são encontradas a oeste e sudoeste da bacia.

Tabela 3 - Características do relevo da bacia hidrográfica do Rio do Canto Imagens

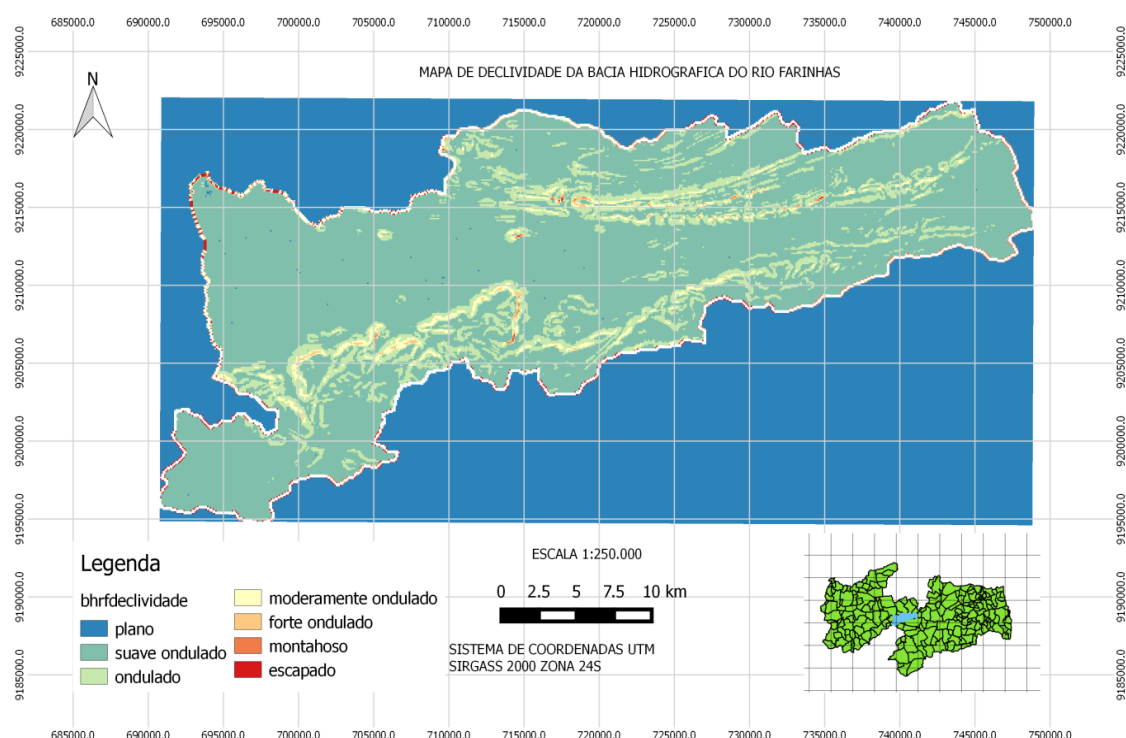
<b>Características</b>	<b>do</b>	<b>Relevo</b>
<b>Dimensões</b>		
L (km) - Lado maior do retângulo equivalente -		90,37
lr (km) - Lado menor do retângulo equivalente -		8,22
HD - Índice de rugosidade -		928,47
Declividade média do rio (m/m) -		0,0047

De acordo com Castro E Lopes (2001), a altitude média influencia a quantidade de radiação que ela recebe e, conseqüentemente, influencia a evapotranspiração, temperatura e precipitação. Quanto maior a altitude da bacia, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível para esse fenômeno. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração.

A análise do relevo é um dos principais fundamentos nos estudos de bacia hidrográfica, pois esse elemento influencia diretamente no comportamento hidrológico, como fatores meteorológicos e hidrológicos. Assim, a declividade do relevo está relacionada com os processos hidrológicos, como por exemplo, a velocidade de escoamento de canais de uma bacia hidrográfica e altitude do relevo determinam variáveis como a temperatura, a precipitação e a transpiração em sua área de abrangência.

A declividade média da área de estudo (Figura 11) apresenta resultado de 0,0047 m/m em porcentagem significa este valor representa 0,47%. Os dados de declividade têm relação direta com os processos erosivos na bacia, portanto há um maior acúmulo de sedimento na bacia, por este motivo, é preciso estar atento a áreas que apresentam as menores declividades.



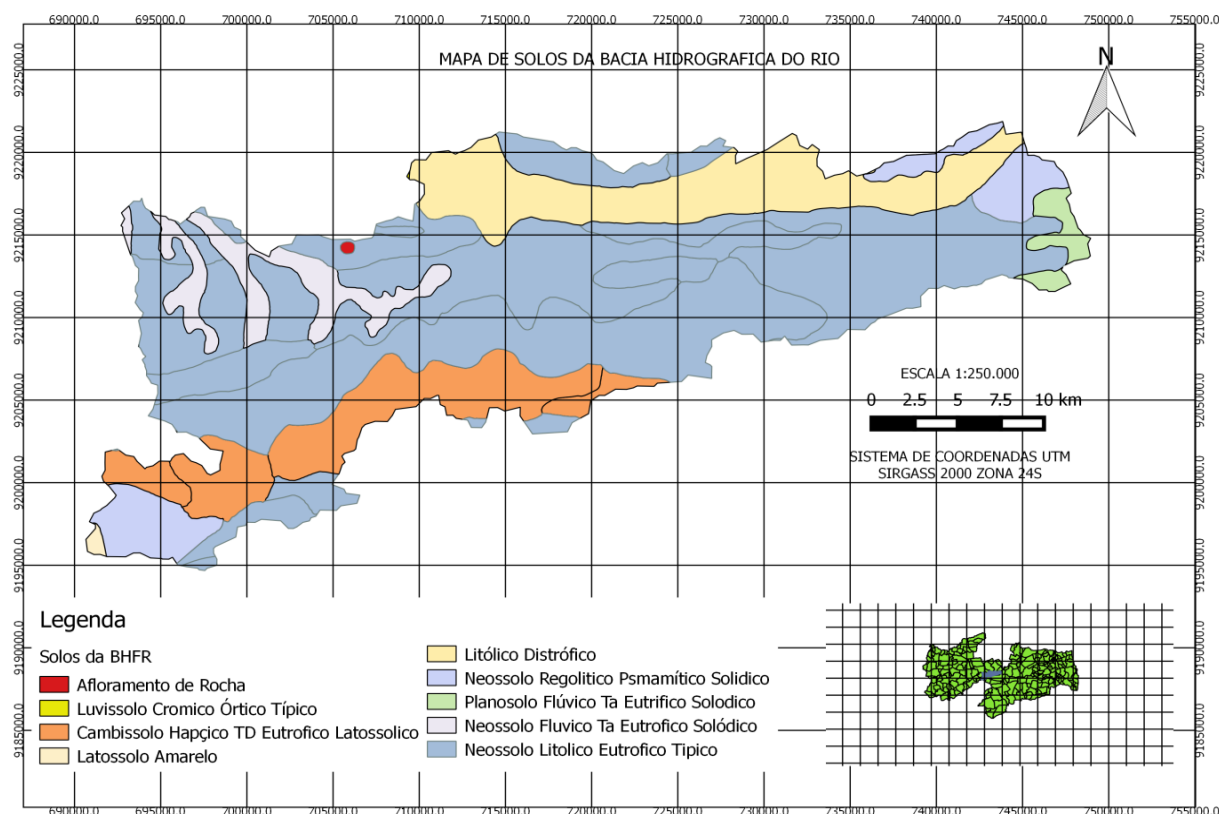


**Figura 11** – Declividade da bacia hidrográfica do Rio Farinhas.

## 5.2 Classe de Solos

A bacia hidrográfica do rio Farinhas apresenta oito classes de solos, sendo o Neossolo Litólico Eutrófico Típico, sendo distribuído em maior parte na bacia. Os solos classificados estão atualizados segundo a nova classificação da Embrapa realizada em 1999, (Figura 12).

Os Neossolo Litólico Eutrófico Típico compreendem solos rasos, onde geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos. As limitações ao uso estão relacionadas a pouca profundidade, presença da rocha e aos declives acentuados associados às áreas de ocorrência destes solos. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão.(AGEITEC).

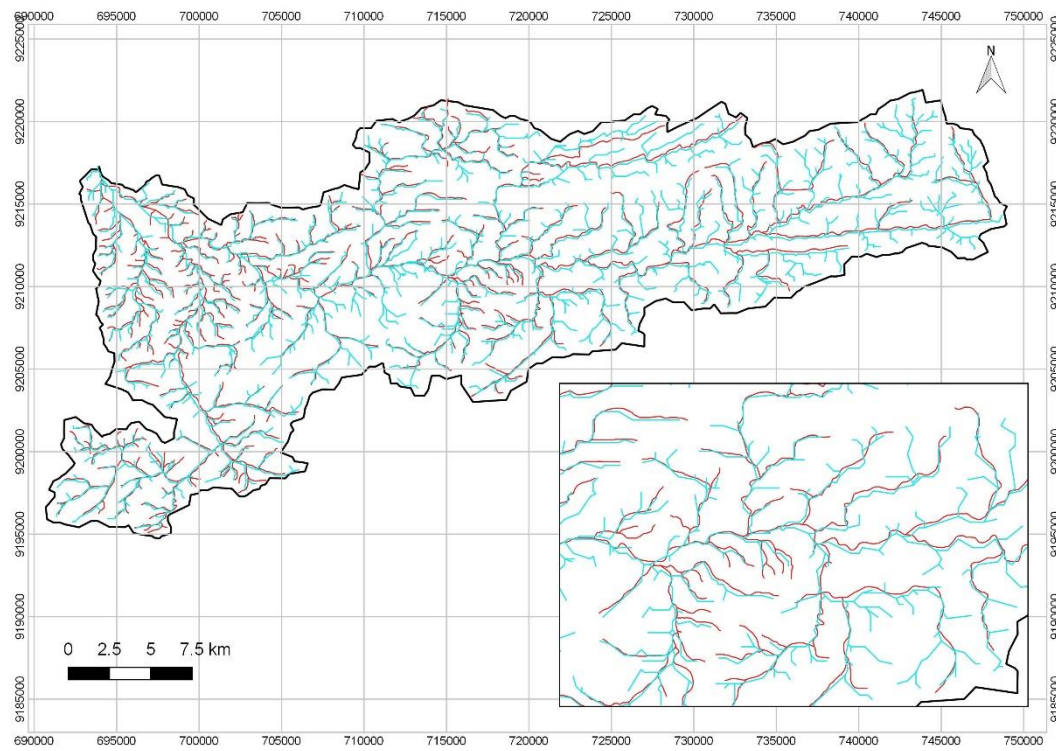


**Figura 12 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do Rio Farinhas.**

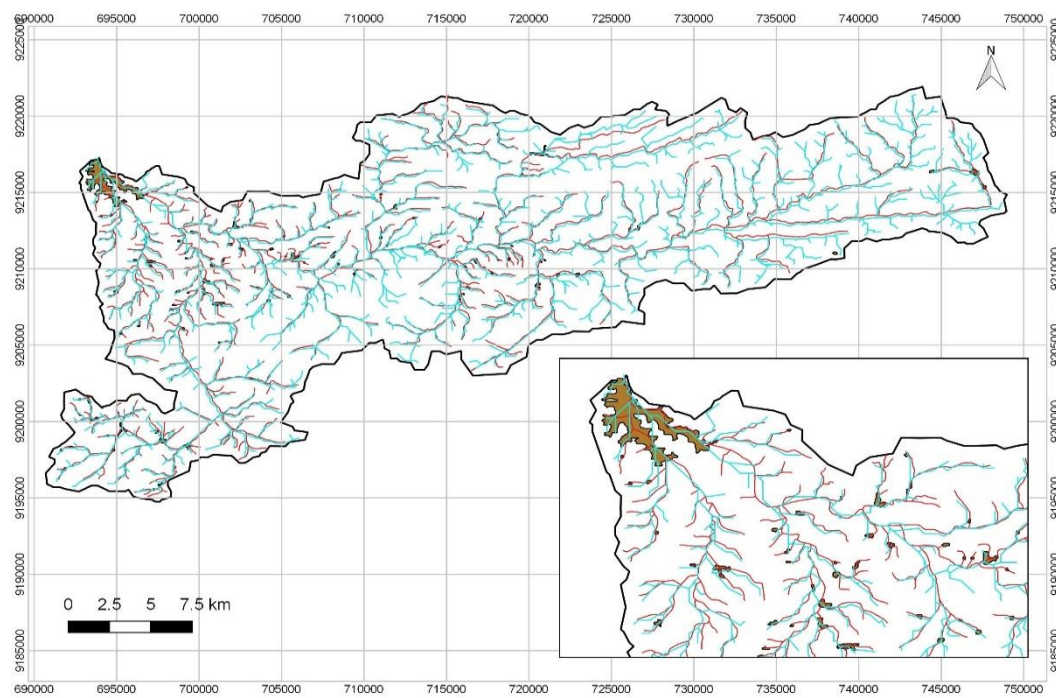
### 5.3 Análises Comparativas Entre os Produtos Gerados e os Dados Oficiais do Estado

Para avaliar a viabilidade dos dados, fez-se um estudo comparativo entre os produtos provenientes do processamento de imagens SRTM e os dados oficiais do Estado.

De acordo com a Figura 13, percebe-se que os rios principais obtidos pela imagem SRTM são semelhantes aos oficiais da carta topográfica do Estado, no entanto existem algumas disparidades entre as duas drenagens em relação aos afluentes de ambas. A drenagem estadual (linhas vermelhas) apresenta maiores bifurcações em relação à drenagem obtida através de dados SRTM (linhas azuis) e as regiões onde encontra-se maior densidade de ramificações há a ocorrência de linhas paralelas. Isto ocorre devido aos diferentes períodos de coleta de dados, podendo ser comprovado, a partir da sobreposição dos Arquivos da bacia. A bacia hidrográfica do rio Farinhas apresenta a presença de linhas paralelas, uma vez que nos dados SRTM, comprova a relação entre linhas paralelas e espelhos d'água da carta do Estado. No entanto, locais que acontecem esta situação representam a mudança do nível do rio, caracterizando a acumulação de água nessas localidades em meses mais chuvosos.



**Figura 13.** Sobreposição da drenagem SRTM e da drenagem oficial do Estado.



**Figura 14** - Ocorrência de linhas paralelas na drenagem SRTM na mesma localização da Bacia.

#### 5.4 Comparação dos resultados dos dados SRTM e a Carta do Estado

A Tabela 4 mostra os resultados da Caracterização Morfométrica da bacia hidrográfica do rio Farinhas, obtidos a partir dos dados SRTM e a Carta do Estado.

**Tabela 4 – Dados SRTM e Carta do Estado**

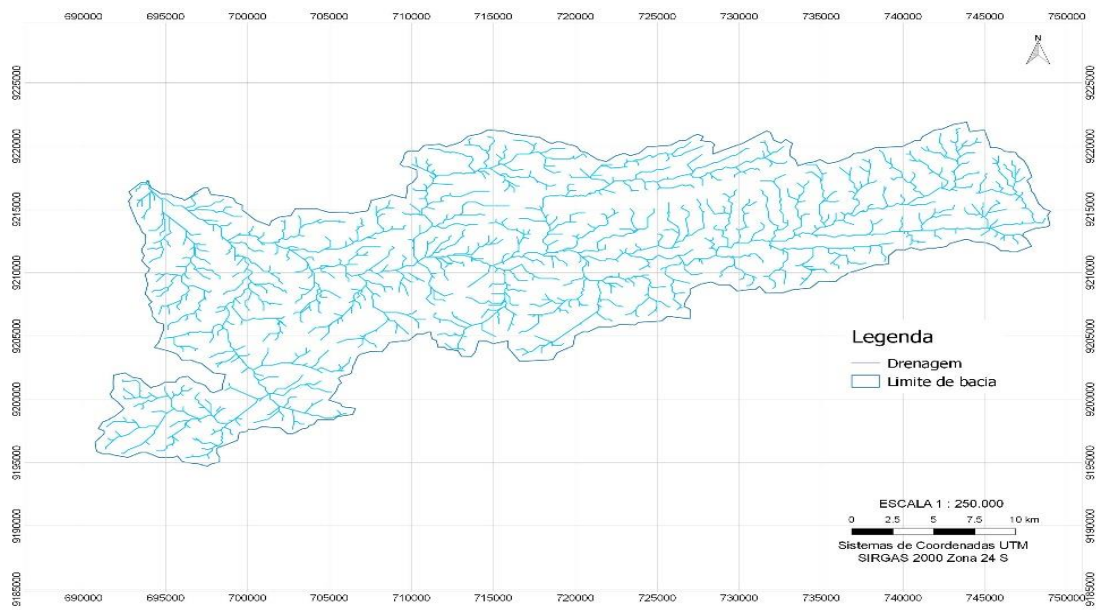
<b>Característica Física</b>	<b>SRTM</b>	<b>CARTA</b>
Área de Drenagem (Km <sup>2</sup> )	743,76	783,65
Perímetro (Km)	197,18	196,96
Lt (Km)	929,7	711,41
L (Km)	64,18	65,08
Kc	2,03	1,97
Kf	0,24	0,19
IC	0,24	0,25
Declividade média (%)	0,47	0,42
Ordem da Bacia	5	5
Dd (Km/Km <sup>2</sup> )	1,25	0,91

Os resultados obtidos na delimitação da bacia hidrográfica com dados SRTM (Figura 15) mostra-se compatível com o obtido por meio da delimitação manual a partir de cartas topográficas (Figura 16). Assim, a utilização dos dados SRTM na delimitação de bacias hidrográficas pode ser considerada uma boa fonte de dados no desenvolvimento de estudos de recursos hídricos. Além disso, a realização de métodos de delimitação de bacias de modo automático apresenta menor subjetividade; deste modo, mesmo se realizando trabalhos em softwares SIG diferentes, os resultados serão mais próximos da realidade se comparados com os métodos manuais que variam com a percepção humana, conforme detalhado nos trabalhos de Jenson & Domingues (1988) e Merkel et al. (2008).

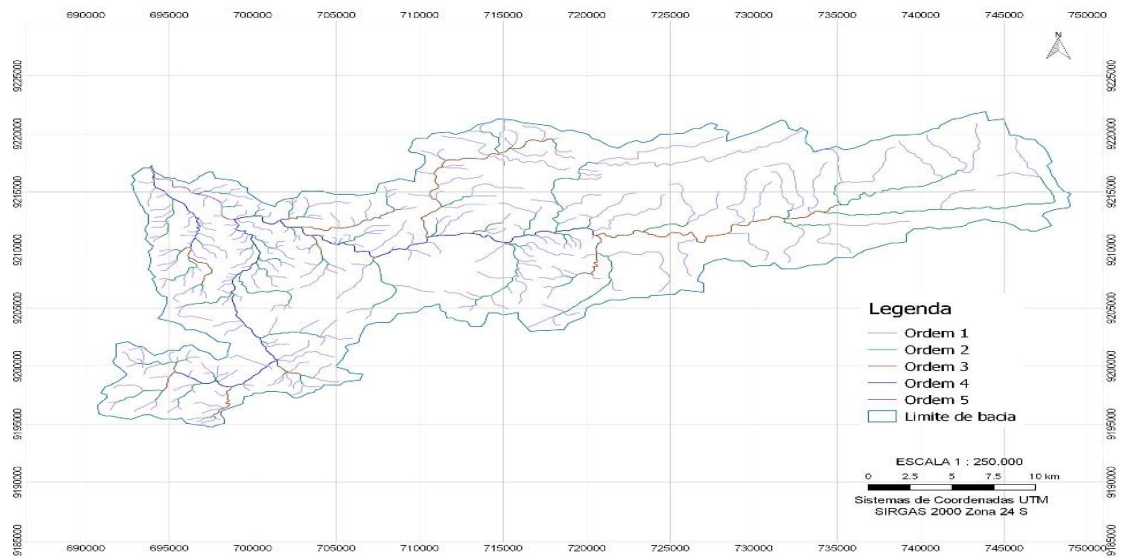
Observa-se na tabela 4 os dados SRTM obtém-se como maiores valores de dados encontrados em comparação aos dados das cartas do Estado, a área de drenagem das cartas foi

avaliado em um valor de 783,65 e dos dados SRTM em 743,76 Km, no qual pode-se concluir que a imagem de maior valor obteve um maior pixel de resolução no qual observa-se mais bifurcações e detalhes na imagem. O valor de perímetro encontrados nas duas imagens são bem próximos dos valores resultados. Detalhes para os valores de comprimentos de todos os canais (Lt), no qual o valor SRTM tem se um valor bem mais elevados ocorrendo que a grade de 90m SRTM focalizar bem mais o valor desses canais.

Nota-se um grau de detalhamento maior nos dados SRTM do que os obtidos de cartas topográficas. Fornelos & Neves (2007) obtiveram resultados semelhantes quando compararam produtos oriundos de SRTM e cartas topográficas, concluindo que esta diferença se deve ao maior detalhamento em áreas planas.



**Figura 15** – Rede de drenagem obtida pelos dados SRTM



**Figura 16** – Rede de drenagem oficial do Estado

## 6. CONCLUSÕES

As ferramentas computacionais utilizadas no desenvolvimento deste trabalho mostraram-se eficazes na manipulação dos dados e na caracterização física da bacia hidrográfica do Rio Farinhas, com o uso da metodologia de geoprocessamento proposta, gerando dados confiáveis, os quais foram validados fazendo uma comparação com os dados da Carta Topográfica do Governo do Estado da Paraíba.

Observou-se que é significativamente importante, para este tipo de estudo, uma verificação em campo, confrontando os valores teóricos obtidos nas imagens com os dados práticos, validando desta maneira os resultados, o que dá consistência e veracidade ao trabalho, aproximando o estudo teórico ao que acontece na realidade.

A partir dos dados encontrados neste trabalho pode-se observar que a bacia hidrográfica do rio farinhas apresenta formato de evidência de não haver enchentes ao seu curso, pois sua forma é considerada irregular. Também observa-se que a bacia tem uma forma menos circular, formando assim uma distribuição menos uniforme de córrego de água, pois o valor de Kc (Coeficiente de Compacidade) encontrado foi 2,03.

A densidade de drenagem da referida bacia foi 1,25 km/km<sup>2</sup>, o que indica uma drenagem regular com certa tendência à ocorrência de inundações. Com relação aos solos da área de estudo, a mesma apresenta oito classes de solos, sendo o Neossolo Litólico Eutrófico Típico, o mais predominante e com maior distribuição na maior parte na bacia.

A partir dos dados encontrados neste presente trabalho, pode-se informar os resultados encontrados neste trabalho podem proporcionar novas pesquisas, orientar a gestão, bem como subsidiar estudos ambientais no que diz respeito à utilização dos recursos hídricos na bacia hidrográfica.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA. **Mapas do Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>> Acesso: 17 ago 2009.

AGEITEC. **Arvore do Conhecimento-Solos Tropicais**. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqxhk6vk7.html) Acesso: 30/07/20015.

ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. **Influência De Feições Geológicas Na Morfologia Da Bacia Do Rio Do Tanque (MG) Baseada No Estudo De Parâmetros Morfométricos E Analise De Padrões De Lineamentos**. Revista Brasileira de Geociências, v.33, n.2, p.117-124, 2003.

ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. **Caracterização Do Meio Físico Da Bacia Do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR**. Rev. Caminhos da Geografia, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.

ARAÚJO, P. R.; PINESE, J. P. P. **Planejamento Ambiental Em Microbacias Hidrográficas: Aplicação De Uma Matriz De Impacto Ambiental Na Microbacia Hidrográfica Do Ribeirão Lindóia**, zona norte de Londrina-PR.

ARAÚJO, I. P de. **Uso E Degradação Dos Recursos Naturais No Semiárido Brasileiro: estudo na microbacia hidrográfica do Rio Farinha, Paraíba, Brasil**. 2010. 134f. Dissertação.

BORSATO, F.H.; MARTONI, A.M. **Estudo Da Fisiografia Das Bacias Hidrográficas Urbanas No Município De Maringá, Estado Do Paraná**. Acta Scientiarum. Humanand Social Sciences, V.26, n.2,p.273-285,2004.



BORSATO, F.H. **Caracterização Física Das Bacias De Drenagem Do Município De Maringá E Os Postos De Combustíveis Como Potenciais Poluidores**. Dissertação (Mestre em Geografia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá-PR, 2005.

BNDES. Gestão de recursos hídricos. Informes de Infra-Estrutura, n.º 5, dez. 1996.

BURROUGH, P.A. 1986. **Principles Of Geographical Information Systems**. Oxford University Press, Oxford. 193 p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. “**Geoprocessamento em Projetos Ambientais**”. Tutorial Apresentado no Congresso GIS Brasil 98. Disponível na Internet: [www.dpi.inpe.br/cursos/gisbrasil/](http://www.dpi.inpe.br/cursos/gisbrasil/)

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução À Ciência Da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. **Caracterização Morfométrica Da Bacia Hidrográfica Do Rio Debossan**, Nova Friburgo, RJ. Revista *Árvore*, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B. **Bacia Hidrográfica**. Hidrologia. 2006. Acesso: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>.

CASTRO, P.; LOPES, J.D.S. **RECUPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE NASCENTES**. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.

CHRISTOFOLETTI, A **Geomorfologia**. São Paulo, Ed. Blucher, 2 Edição, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

COLLISCHONN, Walter. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos-HIP 23**. Disponível em: [www.galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/HIDP./Geo%2001%20-%20Introdução.ppt](http://www.galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/HIDP./Geo%2001%20-%20Introdução.ppt). Acesso em: Maio de 2016.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Programa de Água Subterrânea Para o Semiárido Brasileiro**. Recife: CPRM, 2002. Disponível em: < [http://proasne.net/ PA\\_RSNEFinal. pdf](http://proasne.net/PA_RSNEFinal.pdf)> Acesso: 04 mai 2016.

EMBRAPA - **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1999)**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília. 412 p.

EPAGRI – Gerência Regional da E. E. de Urussanga. **Plano De Gestão E Gerenciamento Da Bacia Do Rio Araranguá – Zoneamento Da Disponibilidade E Da Qualidade Hídrica**. Análise das Características Físicas. V. 3. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente/Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Florianópolis – SC, 1997.

FAUSTINO, J. Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação Em Sensoriamento Remoto**: Imagens de satélite para estudos ambientais. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 101 p.

FORNELOS, L. F.; NEVES, S. M. A. S. **Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométricos (SRTM) na estimativa de perdas de solo**. Revista Brasileira de Cartografia, v.59, n.1. p.25-33, 2007.

FRANCO, M. de A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Annablume – FAPESP, 2000. 296 p.

FUJIHARA, A.K., **Predição de Erosão e capacidade de uso de Solo Numa Microbacia do Oeste Paulista com Suporte de Geoprocessamento**, Dissertação de Mestrado em Ciências do Solo, Piracicaba, 2002, 118p.

GONTIJO JÚNIOR, W.C.; KOIDE, S. **Projeto De Redes Fluviométricas Utilizando O Método Sharp- Estudo De Casos Na Bacia Hidrográfica Do Rio São Francisco**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, 17.,2007, São Paulo. Anais: XVII SBRH. 2007.

GUARIZ, H.R. **Morfometria E Atributos Físicos Do Solo Da Microbacia Do Córrego Jaqueira-Alegre, ES.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, 2008. 275p.

HEYWOOD, IAN, CORNELIUS, SARAH; CARVER, STEVE; - **An Introduction to Geographical Information Systems.** Addison Wesley Longman Limited – Harlow, England. 1998 279p. ISBN: 0 582 08940 9.

JENSON, S. K.; DOMINGUE, J. O. **Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v.54, n.11, p.1593-1600, 1988.

JONES, C. **Gis an Computer Cartography.** Chapter 1 Origins and Applications Ed. Longman, Singapoure. 1998.

LINSLEY, R.K. Jr. Et al. **Hydrology for engineers.** 2nd ed. New York: McGraw Hill, 1975.

MACHADO, P.J de O.; BERNARDINO,J.L.; TEOFILO,S.V.; CASTRO, T.G.S. de. **Utilização De Análise Morfométrica Como Instrumento Para Avaliar A Vulnerabilidade Ambiental Em Sub-Bacia Hidrográficas No Município De Rio Pomba-MG.** In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMERICA LATINA, 12.,2009, Uruguai. Anais XII EGAL. 2009.

MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD M.F.; RHIND D. W. – **Geographical Information Systems: Principles and Applications.** Longman, London.

MENDES, C. A. B. & CIRILO, J. A. **Geoprocessamento Em Recursos Hídricos: Princípios, Integração E Aplicação.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 536 p., 2001.

MERKEL, W. H.; KAUSHIKA, R. M.; GORMAN, E. **NRCS GeoHydro – A GIS interface for hydrologic modeling.** Computers & Geosciences, v.34, p.918-930, 2008.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos Em Sensoriamento Remoto E Metodologias De Aplicação**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2011. 269 p.

MOSCA, A.A.O. **Caracterização Hidrológica De Duas Microbacias Visando A Identificação De Indicadores Hidrológicos Para O Monitoramento Ambiental De Manejo De Florestas Plantadas**. P.96, 2003. Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais – Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

NOVAES, L.F.; AMARAL, L.G.H.; TERRA, A.A. **Determinação Das Características Físicas Da Bacia Hidrográfica Do Rio Corrente**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., 2004, Porto Alegre. Anais XIV CONIRD. 2004.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1989. v. 2000. 269 p.

OLIVEIRA, P.T.S.; ALVES SOBRINHO, T.; STEFFEN, J.L.; RODRIGUES, D.B.B. **Caracterização Morfométrica De Bacias Hidrográficas Através De Dados SRTM**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.8, p.819–825, 2010.

OSAKI, Flora. **Microbacias – Práticas De Conservação De Solos**. Curitiba/PR: SEAB; BANESTADO; EMATER/PR, 1994. 630p.

PICKLES, J. **Representations In An Eletronic Age: Geography, GIS, And Democracy**. In \_\_\_\_\_. (Ed.) Ground Truth: The Social Implications of Geographic information systems. New York: Guilford Press, 1995.

PISSARA, T.C.T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A.S. **Avaliação de Características Morfométrica na Relação Solo-Superfície da Bacia Hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP)**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, V.28, P.297-305, 2004.

REZENDE, Juliano Flávio dos Reis. **Gestão De Informações Utilizando A Tecnologia De Geoprocessamento Para O Projeto Jaiba-Etapa II**. Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Belo Horizonte: 2002. 30P.

RHIND, D.W. 1989. **Why GIS?** *Arc News (Summer)*, p.28-9.

RIZZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja:** estudo de caso no Rio Grande do Sul. 2004. 214p. Tese (Doutorado) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

ROCHA, J.S.M. **Manual de Projetos Ambientais.** Santa Maria: UFSM, 1997. 423p.

SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática.** Editora: oficina de Textos. São Paulo, 2004.

SILVA, A.M. da; MELLO, C.R, de; **Apostilha de Hidrologia.** UFLA-MG, 2006.

SILVA, A.M. da; MELLO, C.R, de; CURI,N.; OLIVEIRA, P.M. de. **Simulação Da Variabilidade Espacial Da Erosão Hídrica Em Uma Sub-Bacia Hidrográfica De Latossolos No Sul De Minas Gerais.** *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 2008.

SILVA, Jussara Severo da. **Extração de Atributos Hidrológicos de Bacias Hidrográficas, Utilizando Software Livre.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFET-PB. João Pessoa: 2009.

STRAHLER AN. **Quantitative Analysis Of Watershed Geomorphology.** *Trans Am Geophys Union* n.38, p.913–920, 1957.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O Conceito De Bacia Hidrográfica E A Importância Da Caracterização Morfométrica Para O Entendimento Da Dinâmica Ambiental Local.** *Revista uniara*, n. 20, 2007.

VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M.; STORINO, M.; AMARAL, B. D.; MENDES JÚNIOR., J. N.; LIMA, D. **Modeling Small Watersheds In Brazilian Amazônia With SRTM-90m Data.** *Computers & Geosciences*, v.32, n.8, p.1169-1181, 2006.

VALERIANO, Márcio de M. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis para a América do Sul**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos: 2004. Disponível em: < <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em : Abr 2010.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.